

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

AB

(11)Publication number : 09-166728

(43)Date of publication of application : 24.06.1997

(51)Int.Cl.

G02B 6/42
H01S 3/18

(21)Application number : 07-326931

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 15.12.1995

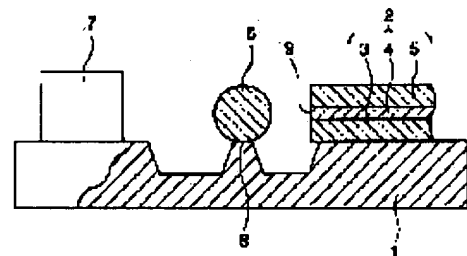
(72)Inventor : SHIMODA TAKESHI
NISHIMOTO YUTAKA

(54) OPTICAL WAVEGUIDE DEVICE AND ITS PRODUCTION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To couple an optical waveguide and various kinds of optical parts with high efficiency at a lower cost and to enhance the reliability to a temp. fluctuation, vibration, impact, etc.

SOLUTION: A spherical lens 6 which is formed as a solid-state element on an Si substrate 1 and functions to change a spot size is formed by using the same material as the material of the optical waveguide 2 on the Si substrate 1 between the optical waveguide 2 and a semiconductor light source 7 of an optical circuit formed by optically coupling the optical waveguide 2 consisting of a quartz based material and the semiconductor light source 7 on the Si substrate 1. The Si substrate 1 around this lens 6 is etched, by which the shape of a lens supporting surface 8 supporting the lens 6 is controlled.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-166728

(43) 公開日 平成9年(1997)6月24日

(51) Int.Cl. ⁹	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B	6/42		C 0 2 B	6/42
H 0 1 S	3/18		H 0 1 S	3/18

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平7-326931

(22) 出願日 平成7年(1995)12月15日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 下田 毅

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 西本 裕

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

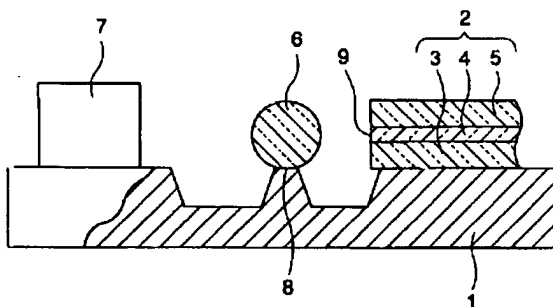
(74) 代理人 弁理士 後藤 洋介 (外2名)

(54) 【発明の名称】 光導波路デバイスとその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 光導波路と各種光部品間の高効率結合、低コスト化、並びに温度変動、振動衝撃などに対して信頼性が高い光導波路デバイスとその製造方法とを提供する。

【解決手段】 Si基板1上に、石英系の材料からなる光導波路2と半導体光源7が光学的に結合している光回路において、光導波路2と半導体光源7の間のSi基板1上に光導波路と同一の材料を用い、Si基板1上で個体素子化された、スポットサイズ変換機能を果たす球形のレンズ6が形成されており、レンズ6周囲のSi基板1をエッチングすることによりレンズ6を支えるレンズ支持面8の形状が制御されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板上に光導波路と光学レンズとを備えた光導波路デバイスにおいて、前記半導体基板は前記光学レンズ底面周囲及び光導波路との間に凹部を備え、前記光学レンズは、所定形状を備え、前記光学レンズと前記光導波路とは互いに離間して配置された同一材料からなることを特徴とする光導波路デバイス。

【請求項2】 請求項1記載の光導波路デバイスにおいて、前記半導体基板はSiからなり、前記凹部は前記半導体基板のエッチングによって形成されていることを特徴とする光導波路デバイス。

【請求項3】 半導体基板上に光導波路と光学レンズとを備えた光導波路デバイスの製造方法において、前記光導波路と同一材料を前記光学レンズのレンズ母材として前記半導体基板上に前記光導波路とは離間して堆積し、前記半導体基板の前記レンズ母材の底面周囲付近をエッチングし、前記レンズ母材を熱によりリフローして所定形状に成形することを特徴とする光導波路デバイスの製造方法。

【請求項4】 請求項3記載の光導波路デバイスの製造方法において、前記半導体基板と前記レンズ母材底面との間の一部にあらかじめ薄膜を堆積し、前記レンズ母材を堆積後、前記薄膜を除去し、前記レンズ母材と前記半導体基板との間に空隙を形成することを特徴とする光導波路デバイスの製造方法。

【請求項5】 請求項3記載の光導波路デバイスの製造方法において、前記半導体基板エッチングマスクを前記レンズ母材周辺にパターニングする工程を有することを特徴とする光導波路デバイスの製造方法。

【請求項6】 請求項3記載の光導波路デバイスの製造方法において、前記レンズ母材の底面積と前記レンズ母材を支持する半導体基板部分の底面積との底面積比を調整することにより、形成される光学レンズの半径を調整することを特徴とする光導波路デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、光ネットワークシステムに使われ、基板と基板上に形成された石英系光導波路を用いた送信機や受信機などの各種光デバイスに関し、特に光導波路と半導体レーザなどのスポットサイズが異なるデバイス間の光学的接続の際に用いる光導波路デバイスとその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】光通信システムの大容量化が進むと同時に、多機能の高度なシステムが求められる一方で、光ファイバネットワークの低コスト化の要求が強い。その中で光デバイスの小型化、高集積化、低コスト化は必須である。

【0003】例えば近年、双方向の通信システムの必要が高まり、また家庭にまでこのシステムを導入すること

が望まれている。このとき双方向通信を可能にさせる光デバイスとして光の送信器と受信器が必要となるが、これを個別に構成していたのでは光送受信装置が大型化しシステム普及の妨げとなる。従って、2つの機能を集積化した光デバイス、例えば、光送受信器が望まれる。

【0004】光送受信器の集積化を実現するためには、半導体光源、半導体検出器、光ファイバなどの光部品と光導波路を同一基板上で光学的に高効率に結合させる必要があり、またこのためには、光部品と光導波路の両者のスポットサイズを整合させたり、検出器面に集光させるなど光波の伝搬状態の制御を行う必要がある。スポットサイズ整合には、光部品や光導波路が有する固有のスポットサイズそのものを光部品や光導波路の内部で変換する方法、並びに光部品と光導波路の間にレンズを挿入してスポットサイズ変換をする方法などがある。また、検出器面に集光させるためには同様にレンズを挿入する方法などがある。スポットサイズそのものを光部品や光導波路の内部で変換する方法では光部品並びに光導波路の構造、製作手順、材料などを変更する必要があり、光部品および光導波路の特性の劣化やコスト増などさまざまな弊害が誘発される。一方レンズを用いる方法は、光部品および光導波路の特性の劣化をもたらさず、スポットサイズ変換、集光などを可能にするから非常に有効である。

【0005】現在、レンズを実装する方法としては、図7(a)の側断面端面図に示すように、光導波路2を形成する半導体基板1上にバルク型のレンズ6を搭載していく方法や、図7(b)に側断面端面図で示すように、光導波路2の形成されたSi基板1の外にレンズ6を実装する構造などが検討されている。ここで、光導波路2は、Si基板1に形成された下層クラッド3、その上に形成されたコア4、その上に形成された上層クラッド5とを備えている。

【0006】しかし、図7(a)及び図7(b)に示されたいずれの方法も、実際にはレンズ6を高精度に設置、固定する必要があり、レンズ6の実装に多大な工数を要する。また、温度変動や振動衝撃に対する光軸変換角度や位置ずれに関する信頼性の確保も困難である。

【0007】このような背景から、図7(c)の側断面端面図に示すようにリフローレンズが提案されている(特開平7-27947号公報、参照)。同レンズは光導波路を形成する際に堆積したレンズ母材を熱によってリフローして成形される。これにより電子デバイスと同様なプロセス工法でSi基板1上にレンズを形成できるため、光導波路2とレンズ6の位置精度は高く、また量産性にも優れている。また、温度変動、振動衝撃に対する信頼性も高い。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】前述したように、リフローレンズはSi基板1上に堆積したレンズ母材を熱に

よってリフローすることで成形される。そのレンズ形状はレンズ母材を支持する基板の底面形状並びに加熱温度によって制御される。

【0009】従って、所望のレンズ形状を得るためにはレンズ母材を支える基板形状を制御することが必要である。

【0010】しかしながら、従来提案されているリフローレンズは平坦なSi基板上に形成されるものであり、そのレンズ形状の制御性は十分なものとはいえない。

【0011】そこで、本発明の技術的課題は、レンズ底面の形状を制御することによって従来のリフローレンズよりも高い結合効率をもち、低コスト化、並びに温度変動、振動衝撃などに対して信頼性が高い光導波路デバイスとその製造方法を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明による光導波路デバイスは、半導体基板上に光導波路と光学レンズとを備えた光導波路デバイスにおいて、前記半導体基板は前記光学レンズ底面周囲及び光導波路との間に凹部を備え、前記光学レンズは所定形状を備え、前記光学レンズと前記光導波路とは互いに離間して配置された同一材料からなることを特徴としている。

【0013】また、本発明の光導波路デバイスの製造方法は、半導体基板上に光導波路と光学レンズとを備えた光導波路デバイスの製造方法において、前記光導波路と同一材料を前記光学レンズのレンズ母材として前記半導体基板上に前記光導波路とは離間して堆積し、前記半導体基板の前記レンズ母材の底面周囲付近をエッチングし、前記レンズ母材を熱によりリフローして、所定形状に成形することを特徴としている。

【0014】ここで、本発明において所定形状とは、凸形状または球を含む楕円体形状を呼ぶ。

【0015】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0016】図1は本発明の一実施の形態に係わる光導波路デバイスを含む光回路の構造を示す側面部分断面端面図である。

【0017】図1において、Si基板1上に石英系の材料からなる光導波路2が形成されている。光導波路2は、厚さ10 μ mの下層クラッド3、厚さ6 μ m、幅6 μ mのコア4、厚さ10 μ mの上層クラッド5からなる層構造を有している。

【0018】図1の光回路は、光導波路2と半導体光源7とを光学的に結合することで構成されている。光導波路2と半導体光源7との間のSi基板1上に、球形のレンズ6が、光導波路2からの距離20 μ m程度のところに形成されており、レンズ6の底面の周囲のSi基板1の部分はエッチングされている。球形のレンズ6は、光導波路2と同一の材料である石英系材料からなってお

り、その直径は26 μ mで、光導波路2の厚さと同程度に形成されている。球形のレンズ6には、光導波路2を形成するためにSi基板1にCVD法、スパッタ法、火炎堆積法などで堆積された石英系材料がそのまま用いられている。このようにレンズ6はSi基板1上に堆積された材料をそのまま使用しているため、Si基板1上で固定素子化されており、かつ形成位置もフォトリソグラフィ法で設定されるから、光導波路2とレンズ6の位置精度は極めて高く、量産性も優れ、またレンズに個別の部品あるいは材料を使用する必要がないから低コスト化が実現できる。またレンズ6を支えるSi基板のレンズ支持面8の形状は、その周囲のSi基板1をエッチングすることによって制御されている。このように、レンズ6を支持するSi基板のレンズ支持面8の形状が制御されることにより、レンズ6はより結合効率の高い球または凸形状に成形することが可能になる。

【0019】また、図1の光回路では、基板1上に固体素子としてレンズ6を形成しているから、温度変動、振動衝撃などに対しても信頼性は極めて高い。また、任意の位置にレンズ6を構成できるため、図1の光回路では、設計に対する汎用性、及び許容性が高い。

【0020】図2(a)、(b)、及び(c)は、図1の光導波路デバイスの製造方法を順に示す工程図である。図2(a)の断面端面図に示す第1の工程は、光導波路2の入出力用の端面9を形成する工程である。Si基板1上にはCVD法、スパッタリング法、火炎堆積法などで光導波路用石英系材料が堆積されているが、端面形成時にレンズの母材10となる石英系材料も同時に残す。図2(b)の断面端面図に示す第2の工程はレンズ母材10底面周囲付近のSi基板1をエッチングにより除去する工程である。図2(c)の断面端面図に示す第3の工程は、レンズ母材10に熱を加えることによってリフローし、表面張力によって凸化させレンズ6を形成する工程である。このようにして、レンズ6は、光導波路と同様の石英で形成されていることには変わりがない。

【0021】レンズの形状はレンズを支えるSi基板面の形状、並びに加熱温度によって制御される。加熱温度が高いほど溶融化が進み、表面張力によって球面状に近づく。しかしながら基板に接している部分はリフローしてもそのままレンズ底面として残るので、形良く球形状に成形するためには、レンズを支えるSi基板面の面積を小さくする必要がある。

【0022】Si基板のエッチングにはKOH溶液などをエッチャントとした異方性エッチングを適用することができる。KOH溶液を用いた異方性エッチングでは、Si基板の(1, 0, 0)面のエッチングの進行が最も速く、(1 1 1)面のエッチングの進行が極めて遅いため、(1 1 1)面を残してエッチングが進む。

【0023】図3(a)及び(b)は、図2(b)に示

したレンズ母材をマスクとして異方性エッチングを行ったSi基板1の形状のそれぞれ上面図および側断面端面図である。図3(a)及び(b)を参照すると、レンズ母材の下にまでエッチングが進行しているのは、各コーナーでは(111)以外の面が出るためであり、コーナーカットと呼ばれる。コーナーカットの大きさはエッチングを行う時間によって制御できる。この方法により、レンズ母材を支えるSi基板面の面積を小さくすることができる。

【0024】図4に、レンズ母材10の底面積S1とレンズ母材10を支えるSi基板面8の面積S2の比S1/S2とリフローによって球形に成形されたレンズ6の半径との関係を示す。なお、レンズ母材10には一辺が26 μ mの立方体に成形したものをを用いた。リフロー温度を850℃および820℃の2種類で行った。

【0025】半径15 μ mのレンズを用いて実際に結合損失を測定したところ、波長1.31 μ mの半導体レーザに対して、結合損失約3dBが得られた。

【0026】石英系材料のリフロー温度は、ボロン(B)とリン(P)をドーパした石英材料では約800℃であり、ゲルマニウム(Ge)とPをドーパしたものでは850℃前後であるなど、石英系材料に関してのリフロー温度は良く知られている。従って、光導波路2に用いた石英系光導波路2の材料組成に対応して加熱温度を選択すれば、レンズ6が容易に得られる。加熱箇所はレンズ母材10が含まれていればどこでも良い。加熱により光導波路2の外部への露出面がリフローされる。露出面は上層クラッド5と端面9であるが、上層クラッド5表面はリフローされても光導波路2の特性への影響は少ない。

【0027】一方、端面9はリフローにより、垂直性が損なわれる場合があるため、レンズ母材10だけの局所的な加熱が望ましい。レンズ母材10を含む局所的な加熱には、CO₂レーザやArレーザなどによるレーザ光の照射や、通常のヒータによる輻射熱を用いて行う。

【0028】図5は本発明の第2の実施の形態による光導波路デバイスの製造方法を示す部分的側断面端面図である。図2(b)に示すSi基板のエッチングに際して、図5(a)、(b)、及び(c)の工程図に示すように製造されている。

【0029】図5(a)を参照すると、Si基板とレンズ母材の間の一部にあらかじめKOH溶液あるいはその他のエッチャントにより容易にエッチングすることのできる薄膜11を堆積させる。

【0030】次に、図5(b)に示すように、レンズ母材形成後に薄膜を除去することによって、レンズ母材とSi基板との間に空隙を作製する。この空隙より、図5(c)に示すように、KOH溶液がその空隙に入りこみ、Si基板はそこからエッチングされる。

【0031】なお、薄膜11はフォトリソグラフィを用

いたパターニングによって任意の形状に成形できる。この第2の実施の形態による方法によると、上記のコーナーカットだけを用いてSi基板のエッチングを行った場合に比べて、所望のSi基板底面形状が得やすいという利点を有する。

【0032】図6は本発明の第3の実施の形態による光導波路デバイスの製造方法を示す部分的側面図である。図6(a)、(b)を参照して、レンズ母材を支えるSi基板面の形状は、レンズ母材周辺にSi基板エッチング用のマスク材をパターニングすることによっても制御できる。即ち、レンズ母材10の周辺にあらかじめSi基板エッチングマスク材12を堆積およびパターニングしておき、その後レンズ母材10を形成する。

【0033】図6(a)のは、このときのレンズ母材10およびエッチングマスク材12の上面図である。次に、図6(b)に示すように、先の方法と同様にしてKOH溶液を用いて異方性エッチングを行なう。レンズ母材10を支えるSi基板面8は図6(b)の斜線部で示すような形状となる。例えば、このようにレンズ母材10を支えるSi基板面を長方形にすることは、バルク部品で用いられている通常の凸レンズ形状に成形するのに適している。

【0034】以上に説明したように、本発明の実施の形態による光導波路デバイスの製造方法によれば、レンズ6の材料にはSi基板1上に堆積された材料をそのまま使用しているから、レンズ6はSi基板1上で個体素子化される。また、レンズ母材10はフォトリソグラフィ法で設定される位置に形成され、レンズ6はレンズ母材10の位置に形成されるため、光導波路2とレンズ6の位置精度は極めて高い。また、レンズを支えるSi基板面形状を制御することにより所望のレンズ形状に成形できるため、半導体光源7と光導波路2の間の光学結合は極めて高い効率で実現でき、かつ、レンズ個別の部品あるいは材料を使用する必要がないため量産性に優れ、低コスト化が実現できる。また、基板1上に個体素子としてレンズ6を形成しているから、温度変動、振動衝撃などに対しても信頼性が極めて高い光導波路デバイスが実現できる。

【0035】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明による光導波路デバイスとその製造方法では、石英系光導波路と光部品の間には挿入する光学レンズとして石英系光導波路を形成する際に堆積した石英系材料を凸または球レンズとして用い、また熱による石英系材料のリフローを利用して所定形状、即ち凸または球形状にレンズを成形する。この際、レンズ部分を支えるSi基板の形状をエッチングによって変えることによって、レンズ形状を制御することができ、極めて高く高効率な光の結合が実現できるとともに、量産性も優れ、またレンズに個別の部品あるいは材料を使用する必要がないため低コスト化が実

現できる。

【0036】また、本発明においては、基板上に個体素子としてレンズを形成しているために温度変動、振動衝撃などに対しても信頼性が極めて高い光導波路デバイスが実現できる。

【0037】また、本発明による光導波路デバイスとその製造方法を用いれば、簡易なプロセス工法でSi基板上にレンズを形成でき、かつ、所望のレンズ形状が得られるため、極めて高く高効率な光の結合が実現できるとともに、量産性に優れ、またレンズに個別の部品または材料を使用する必要がないから低コスト化が実現できる。

【0038】また、本発明によれば、基板上に固体素子としてレンズを形成しているから、温度変動、振動衝撃などに対しても信頼性が極めて高い光導波路デバイスが実現できる。

【0039】さらに、本発明によれば、任意の位置にレンズを構成できるので光回路設計に対する汎用性および許容性が高いという利点を有する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態による光導波路デバイスを用いた光回路の構造を示す部分側断面端面図である。

【図2】(a)、(b)、及び(c)は図1の光導波路デバイス製造方法を順に示す断面端面図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態による異方性エッチ

ングされたシリコン基板を示す(a)上面図および(b)側断面端面図である。

【図4】図1の光導波路デバイスにおけるレンズ母材底面積とレンズを支えるSi基板面積との比(S_1/S_2)と、レンズ半径との関係を表す特性図である。

【図5】(a)、(b)、及び(c)は本発明の第2の実施の形態による光導波路デバイス製造方法を順に示す工程図である。

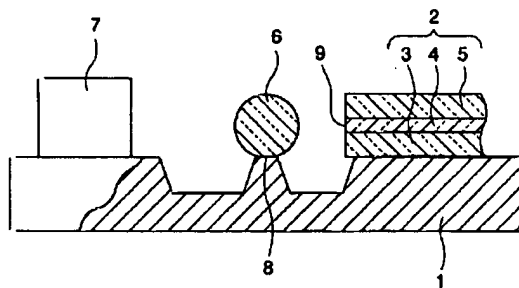
【図6】(a)は本発明の第3の実施の形態による光導波路デバイス製造方法を示す側面図である。(b)は、(a)の平面図である。

【図7】(a)、(b)、(c)は、各種の従来の光導波路デバイスの例を示す側断面端面図である。

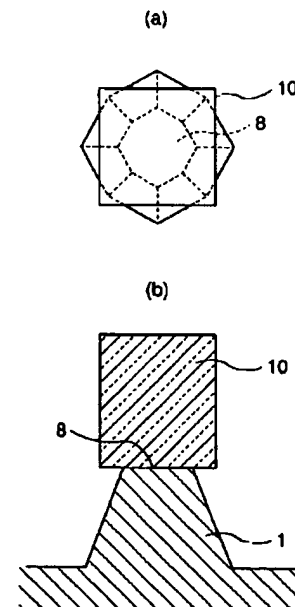
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 光導波路
- 3 下層クラッド
- 4 コア
- 5 上層クラッド
- 6 レンズ
- 7 半導体光源
- 8 レンズ支持面
- 9 端面
- 10 レンズ母材
- 11 薄膜
- 12 エッチングマスク材

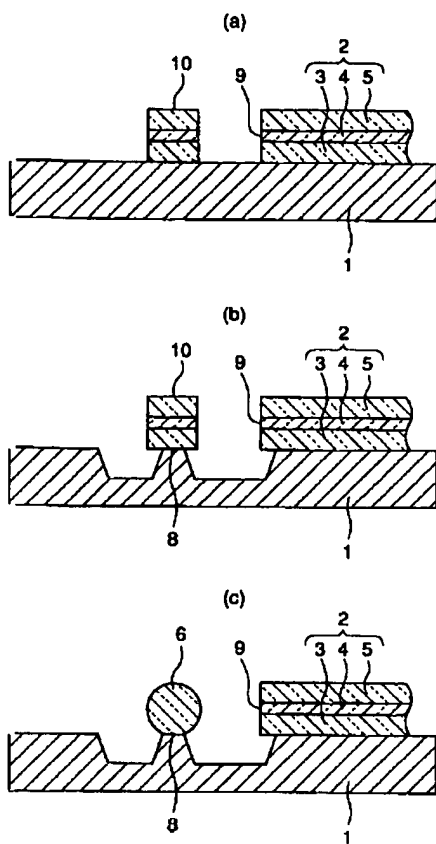
【図1】



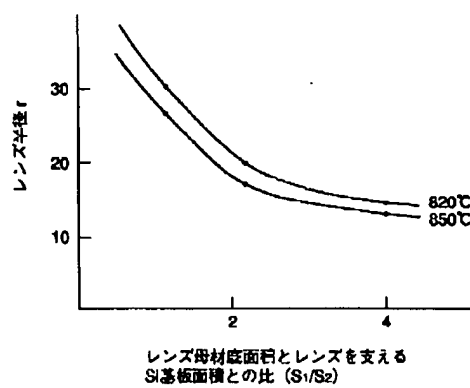
【図3】



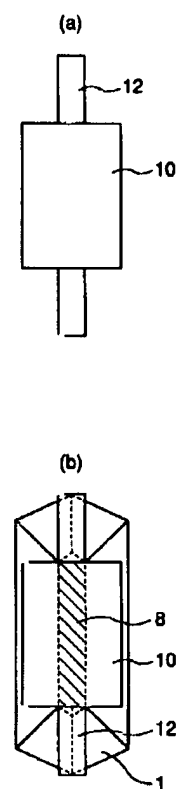
【図2】



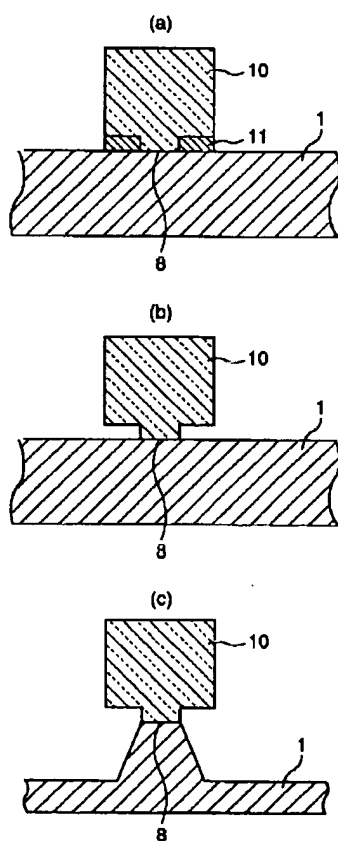
【図4】



【図6】



【図5】



【図7】

